

27

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 2 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 7 9 8 4 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 7 9 8 4 0]

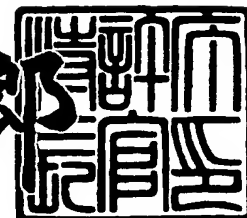
出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 7 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 5 2 9 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 PA14F880
【提出日】 平成15年 6月24日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 C01B 3/38
H01M 8/06

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 伊澤 康浩

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 増井 孝年

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 井口 哲

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 荻野 温

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 沼田 耕一

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 木村 憲治

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 青山 智

【発明者】**【住所又は居所】** 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内**【氏名】** 飯島 昌彦**【特許出願人】****【識別番号】** 000003207**【氏名又は名称】** トヨタ自動車株式会社**【代理人】****【識別番号】** 110000028**【氏名又は名称】** 特許業務法人 明成国際特許事務所**【代表者】** 下出 隆史**【電話番号】** 052-218-5061**【先の出願に基づく優先権主張】****【出願番号】** 特願2002-314089**【出願日】** 平成14年10月29日**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 133917**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0105457**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料改質装置および燃料電池システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 改質反応により水素を生成する燃料改質装置であって、
前記改質反応に供するための改質燃料と水とが均一に混合された状態を保つために働く混合状態安定化手段を備え、前記改質燃料と水とを、前記混合状態安定化手段によって実質的に均一に混合された予混合燃料として保持する予混合燃料貯蔵部と、

前記改質反応を促進する改質触媒を備える改質器と、
前記改質器に対して、前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を供給する予混合燃料供給部と
を備える燃料改質装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の燃料改質装置であって、
前記改質燃料は、疎水性液体炭化水素である
燃料改質装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の燃料改質装置であって、
前記混合状態安定化手段は、前記予混合燃料内に混入され、前記改質燃料と水とを安定なエマルジョンにする乳化剤を備える
燃料改質装置。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 記載の燃料改質装置であって、
前記混合状態安定化手段は、前記改質燃料と水とを物理的に攪拌する攪拌部を備える
燃料改質装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記予混合燃料供給部は、
前記改質器に連通する所定の空間である気化部と、
前記気化部に対して、前記予混合燃料が気化可能となる熱を与える加熱部と

前記気化部内に、前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を噴霧

する噴霧部と

を備える燃料改質装置。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記改質燃料と水とのうちの一方を含み、他方は含まない独立原料を、前記予混合燃料供給部とは独立して前記改質器に供給可能な独立原料供給部を、
さらに備える燃料改質装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の燃料改質装置であって、
前記独立原料は水を含み、
該水は、前記燃料改質装置を備えるシステム内において生じた水を含有する
燃料改質装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の燃料改質装置であって、
前記独立原料供給部は、
前記改質器に対して酸素含有ガスを供給する酸素含有ガス供給部と、
前記酸素含有ガス供給部が前記改質器に供給する前記酸素含有ガスに対して
、前記システム内において生じた水を、水蒸気の状態で添加する加湿部と
を備える
燃料改質装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の燃料改質装置であって、
前記加湿部は、
前記酸素含有ガスが通過する第 1 の流路と、
前記システム内において生じた水が水蒸気の状態で通過する第 2 の流路と、
前記第 1 の流路と前記第 2 の流路との間に設けられ、水蒸気分圧の高い側か
ら低い側へと水蒸気を透過させる水蒸気透過膜と
を備える
燃料改質装置。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 9 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記予混合燃料貯蔵部は、前記改質燃料中の炭素原子数に対する、前記予混合
燃料中の水の分子数の比の値が、0.5 以上であることを特徴とする
燃料改質装置。

【請求項 1 1】 請求項 1 ないし 9 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記予混合燃料貯蔵部は、前記改質燃料中の炭素原子数に対する、前記予混合燃料中の水の分子数の比の値が、1.0 以下であることを特徴とする
燃料改質装置。

【請求項 1 2】 請求項 1 ないし 4 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記予混合燃料供給部は、
前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を、前記改質反応で生成された水素を含有するガスを用いて昇温させる予混合燃料昇温部と、
前記予混合燃料昇温部で昇温させた前記予混合燃料を、前記改質器に供給するのに先立って気化させる気化部と
を備える燃料改質装置。

【請求項 1 3】 請求項 5 ないし 1.1 いずれか記載の燃料改質装置であって、
前記予混合燃料供給部は、前記予混合燃料を前記気化部内に噴霧するのに先立って、前記改質反応で生成された水素を含有するガスを用いて、前記予混合燃料を昇温させる予混合燃料昇温部を、さらに備える
燃料改質装置。

【請求項 1 4】 電気化学反応により起電力を生じる燃料電池を備える燃料電池システムであって、
請求項 1 ないし 1.3 いずれか記載の燃料改質装置を備え、
前記燃料改質装置で生成した水素を、前記燃料電池における前記電気化学反応に供する
燃料電池システム。

【請求項 1 5】 電気化学反応により起電力を生じる燃料電池を備える燃料電池システムであって、
請求項 7 記載の燃料改質装置を備えて、該燃料改質装置で生成した水素を、前記燃料電池における前記電気化学反応に供し、
前記独立原料供給部が供給する水は、前記燃料電池システム内で生じた水を含む
有する

燃料電池システム。

【請求項 16】 請求項 15 記載の燃料電池システムであって、

前記独立原料供給部が供給する水は、前記燃料電池から排出されるアノード排ガス中の水を含有する

燃料電池システム。

【請求項 17】 請求項 15 記載の燃料電池システムであって、

前記独立原料供給部が供給する水は、前記燃料電池から排出されるカソード排ガス中の水を含有する

燃料電池システム。

【請求項 18】 請求項 15 記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池から排出されるアノード排ガス中に残留する水素を燃焼させる第 1 の燃焼部をさらに備え、

前記独立原料供給部が供給する水は、前記第 1 の燃焼部で生じる水を含有する燃料電池システム。

【請求項 19】 請求項 15 記載の燃料電池システムであって、

水素を選択的に透過させる水素分離膜を有し、該水素分離膜によって、前記燃料改質装置から排出されるガス中の水素を分離する水素分離部と、

前記水素分離部で分離した水素を前記燃料電池に供給する水素供給部と、

前記水素分離部で水素を分離した残りのガスを燃焼させる第 2 の燃焼部とをさらに備え、

前記独立原料供給部が供給する水は、前記第 2 の燃焼部で生じる水を含有する燃料電池システム。

【請求項 20】 電気化学反応により起電力を生じる燃料電池を備える燃料電池システムであって、

請求項 12 または 13 記載の燃料改質装置を備え、

前記燃料改質装置は、水素を選択的に透過させる水素分離膜を有し、前記改質器で生成された水素を含有するガスを供給されて、前記水素分離膜を用いて前記水素を含有するガスから水素を抽出すると共に、前記燃料電池よりも高温で動作する水素抽出部をさらに備え、

前記予混合燃料昇温部は、前記水素抽出部によって抽出された水素を用いて前記予混合燃料を昇温させると共に、該予混合燃料の昇温に用いた水素を、前記燃料電池における前記電気化学反応に供する

燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、改質反応を利用して水素を生成する燃料改質装置および、この燃料改質装置を備える燃料電池システムに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

水蒸気改質反応により水素を生成する際には、改質触媒に対して、改質燃料としての炭化水素系燃料と水とを気化した状態で供給する必要がある。このとき、改質反応を良好な状態で進行するためには、炭化水素系燃料と水との供給量の比を所定の値の範囲に調節することが要求される。ここで、改質燃料として、ガソリンなどの疎水性の液体炭化水素系燃料を供給する場合には、両者の供給量を所定の値に調節することが特に困難であった。この理由は、疎水性の液体炭化水素系燃料は、水とは容易に混合されないため、配管内で所定量を混合しても、両者の分布は不均一となるため、これらを気化させる際に、気体中の濃度分布が不均一となってしまうからである。

【0 0 0 3】

このような不都合を抑えるために、蒸発器に先立って攪拌部を設けることにより、燃料および水を気化させるのに先立って両者を十分に混合させるという構成が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 4】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 2 4 0 4 号公報

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のように、攪拌部を特別に設ける場合には、改質器に改質燃料を供給するための構成が複雑化してしまうという問題が生じる。そのため、このような改質燃料供給のための構造をより簡素化することが望まれていた。

【0006】

本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、より簡素な構造によって、改質反応に供する改質燃料と水との供給量の比を所定の値に安定化させる技術を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を達成するために、本発明の燃料改質装置は、改質反応により水素を生成する燃料改質装置であって、

前記改質反応に供するための改質燃料と水とが均一に混合された状態を保つために働く混合状態安定化手段を備え、前記改質燃料と水とを、前記混合状態安定化手段によって実質的に均一に混合された予混合燃料として保持する予混合燃料貯蔵部と、

前記改質反応を促進する改質触媒を備える改質器と、

前記改質器に対して、前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を供給する予混合燃料供給部と

を備えることを要旨とする。

【0008】

このような燃料改質装置では、改質燃料と水とは、実質的に均一に混合された状態が混合状態安定化手段によって保たれた予混合燃料として保持される。そして、この予混合燃料は、改質反応を促進する改質触媒を備える改質器に供給される。

【0009】

以上のように構成された燃料改質装置によれば、改質燃料と水とを、実質的に均一に混合された状態で保持することで、気化に先立って改質燃料と水とを改めて混合することなく、所定の混合比となる状態で両者を容易に気化することができる。そのため、所定の混合比で両者を気化させるための構造を簡素化すること

ができる。また、改質器に供給する改質燃料と水の比を、安定化することができる。

【0010】

本発明の燃料改質装置において、前記改質燃料は、疎水性液体炭化水素であることとしても良い。本発明を適用することで、水とは容易に混じり合わない疎水性液体炭化水素燃料を改質燃料として用いる場合であっても、改質反応に供する改質燃料と水との割合を、より安定化することができる。

【0011】

本発明の燃料改質装置において、前記混合状態安定化手段は、前記予混合燃料内に混入され、前記改質燃料と水とを安定なエマルジョンにする乳化剤を備えることとしても良い。乳化剤を用いることで、改質燃料と水とが均一に混じり合った状態を、容易に維持することができる。

【0012】

また、本発明の燃料改質装置において、前記混合状態安定化手段は、前記改質燃料と水とを物理的に攪拌する攪拌部を備えることとしても良い。このような構成とすれば、改質反応に直接関わらない成分を用いることなく、予混合燃料における改質燃料と水との均一な混合状態を確保可能となる。

【0013】

本発明の燃料改質装置において、

前記予混合燃料供給部は、

前記改質器に連通する所定の空間である気化部と、

前記気化部に対して、前記予混合燃料が気化可能となる熱を与える加熱部と

前記気化部内に、前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を噴霧する噴霧部と

を備えることとしても良い。

【0014】

このような構成とすれば、予め均一に混合された予混合燃料を、上記気化部内に噴霧することで瞬時に気化させることが可能となる。そのため、気化を行なっ

ても、改質燃料と水の混合割合が所望の割合からはずれてしまうおそれがない。

【0015】

本発明の燃料改質装置において、

前記改質燃料と水とのうちの一方を含み、他方は含まない独立原料を、前記予混合燃料供給部とは独立して前記改質器に供給可能な独立原料供給部を、

さらに備えることとしても良い。

【0016】

このような構成とすれば、改質器に供給する改質燃料と水との混合比を、予混合燃料における混合比とは異なる値に調節することが可能となる。これにより、改質器内での改質燃料と水との混合割合を、改質反応の効率がより高くなるように制御することが可能となる。前記独立原料が改質燃料を含む場合には、装置の起動時や改質器の温度低下時などに、供給する改質燃料の量や割合を増加させることで、改質触媒の温度を上昇させることができる。前記独立原料が水を含む場合には、改質器の温度上昇時などに水をさらに加えることで、改質触媒の温度を低下させることができる。

【0017】

本実施例の燃料改質装置において、

前記独立原料は水を含み、

該水は、前記燃料改質装置を備えるシステム内において生じた水を含有することとしても良い。

【0018】

これによって、改質器に供給する水を用意するために、予混合燃料とは別に設ける水タンクの容量を減縮あるいは水タンク自体を削減できる。別途水タンクを備えずに、必要な水をシステム生成水により賄う場合には、低温時に水タンク内の水が凍結して改質反応に支障を来たすおそれがない。低温時にも、予混合燃料を改質器へ供給することで、速やかに改質反応を開始することが可能となる。

【0019】

上記した本発明の燃料改質装置において、

前記独立原料供給部は、

前記改質器に対して酸素含有ガスを供給する酸素含有ガス供給部と、
前記酸素含有ガス供給部が前記改質器に供給する前記酸素含有ガスに対して、
前記システム内において生じた水を、水蒸気の状態で添加する加湿部と
を備えることとしても良い。

【0020】

このような構成とすれば、予混合燃料の他にさらに改質器に供給する水を、酸素含有ガスに対して水蒸気の状態で供給するため、上記改質器に供給する水を気化させるために、さらに熱エネルギーを加える必要がなく、エネルギー効率を向上させることができる。また、さらに加える水を水蒸気の状態で改質器に供給するため、予混合燃料と水との混合の動作を気体同士で行なうことができ、所望の割合に混合することが容易となる。

【0021】

本発明の燃料改質装置において、

前記予混合燃料貯蔵部は、前記改質燃料中の炭素原子数に対する、前記予混合燃料中の水の分子数の比の値が、0.5以上であることとしても良い。このような割合とすることで、さらに水を加えることなく予混合燃料を改質器に供給した場合にも、改質器内で煤形成などの不都合が生じるのを抑えることができる。

【0022】

また、本発明の燃料改質装置において、

前記予混合燃料貯蔵部は、前記改質燃料中の炭素原子数に対する、前記予混合燃料中の水の分子数の比の値が、1.0以下であることとしても良い。このような割合とすることで、改質反応における効率を十分に確保しつつ、予混合燃料中の改質燃料量を十分に確保することができる。

【0023】

本発明の燃料改質装置において、

前記予混合燃料供給部は、

前記予混合燃料貯蔵部に貯蔵された前記予混合燃料を、前記改質反応で生成された水素を含有するガスが有する熱を利用して昇温させる予混合燃料昇温部と

前記予混合燃料昇温部で昇温させた前記予混合燃料を、前記改質器に供給するのに先立って気化させる気化部と
を備えることとしても良い。

【0024】

また、本発明の燃料改質装置において、
前記予混合燃料供給部は、前記予混合燃料を前記気化部内に噴霧するのに先立って、前記改質反応で生成された水素を含有するガスが有する熱を利用して、前記予混合燃料を昇温させる予混合燃料昇温部を、さらに備えることとしても良い。

【0025】

これらの構成によれば、沸点の異なる改質燃料と水とを混合した予混合燃料を、気化に先立って昇温させることにより、両者の混合比を維持したまま気化させることが容易となる。したがって、改質器に供給する改質燃料と水の比を、より安定化することができる。

【0026】

また、気化に先立って予混合燃料を昇温させる際に、改質反応で生成された水素を含有するガスが有する熱を利用するため、予混合燃料を加熱するために別途加熱手段を設ける場合に比べて、エネルギー効率を向上させ、システム効率を簡素化することが可能となる。

【0027】

本発明は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、燃料電池システムや、改質器への改質燃料の供給方法などの形態で実現することが可能である。

【0028】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

- A. 装置の全体構成：
- B. 燃料電池システム 10 における動作：
- C. 効果：
- D. 第 2 実施例：

E. 変形例：

【0029】

A. 装置の全体構成：

図1は、本発明の好適な一実施例である燃料電池システム10の概要を表わす説明図である。この第1実施例の燃料電池システム10は、車両に搭載されて、車両の駆動用電源として用いられている。燃料電池システム10は、燃料電池36と、この燃料電池36に供給する水素を生成するための燃料改質装置12とを備えている。ここで、燃料改質装置12は、予混合燃料タンク20、気化部22、第1加熱部24（EHC1）、改質器26、熱交換器28、シフト部30、水素分離部32を備えている。

【0030】

予混合燃料タンク20は、ガソリンと水とを所定の割合で混合した予混合燃料を貯蔵するタンクである。本実施例では、ガソリン中の炭素原子の数に対する水分子の数の比（以下、 S/C という）が、 $S/C=0.5$ となるように、ガソリンと水とを混合した予混合燃料を用いている。ここで、上記予混合燃料は、ガソリンと水とに乳化剤（界面活性剤）をさらに混合して、エマルション（乳濁液）化したものとなっている。本実施例の燃料電池システム10を搭載する車両では、このような界面活性剤を混合してエマルション化した予混合燃料を、予混合燃料タンク20に供給することによって、燃料の補給を行なう。

【0031】

なお、上記予混合燃料における S/C の値は、後述するように、予混合燃料をそのまま改質器26に供給した場合にも、支障なく（煤形成などの不都合を生じることなく）改質反応を進行可能となる値として定められる。改質燃料としてガソリンを用いる場合には、このような S/C の値は、本実施例のように0.5以上とすることが望ましい。ガソリンと水とを混合するために用いる乳化剤は、両者を安定してエマルション化することができれば良い。例えば、ポリオキシエチレンアルキレンアルキルエーテルやその誘導体、あるいは、ポリオキシエチレンラウリルエーテルなどを用いることができる。特に、酸素、炭素、水素のみを構成元素とする乳化剤を用いるならば、改質触媒の被毒などの不都合が生じるのを

防止することができて望ましい。触媒被毒を起こす程度が許容できる範囲であれば、硫黄や窒素などの他の成分をさらに含有する乳化剤を用いることとしても良い。

【0032】

予混合燃料タンク 20 に貯蔵された予混合燃料は、ポンプ 50 によって所定の流路内に汲み出される。そして、調圧弁 51 によって流路中の予混合燃料の圧力が所定値に調節されて、流路端部に設けられたノズル 52 から、気化部 22 内に予混合燃料が噴霧される。ノズル 52 は、電磁弁を備えており、気化部 22 内に噴霧される予混合燃料量は、上記電磁弁の開弁時間によって制御される。気化部 22 は、第 1 加熱部 24 や、改質器 26 で生じる熱や、熱交換器 28 を経由した高温の加湿空気によって加熱される空間である。このような高温の気化部 22 内に予混合燃料が噴霧されると、噴霧された予混合燃料は、上記高温の加湿空気などから熱を与えられて瞬時に気化し、加湿空気と混合する。この高温の加湿空気については、後に詳しく説明する。

【0033】

第 1 加熱部 24 はヒータであり、上記気化部 22 の他、改質器 26 を昇温させることができる。

【0034】

改質器 26 は、内部に改質触媒を備えており、気化した予混合燃料および加湿空気が供給されると、改質反応を進行して水素を生成する。改質器 26 では、水蒸気改質反応と共に、上記加湿空気中の酸素を用いて部分酸化反応を進行し、この部分酸化反応によって生じた熱を利用して、水蒸気改質反応を行なう。このような反応を促進する改質触媒として、改質器 26 は、白金、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、イリジウム等の貴金属を含有する貴金属触媒を備えている。なお、改質器 26 には、改質器 26 の内部温度 (T_{rfm}) を検出するための温度センサ 54 が設けられている。

【0035】

改質器 26 における改質反応で生成された水素リッチな改質ガスは、熱交換器 28 で降温された後、シフト部 30 に供給される。シフト部 30 内で進行するシ

フト反応の反応温度は、改質器 26 における改質反応の反応温度よりも低いため、このように、熱交換器 28 を用いて改質ガスを降温させる。すなわち、600～1000℃程度で運転される改質器 26 からの改質ガスを、200～600℃程度で運転されるシフト部 30 に供給するために、改質ガスを 200～600℃程度まで冷却する。熱交換器 28 では、改質ガスと熱交換してこれを降温させるために、後述する加湿モジュール 38 から供給される加湿空気を用いている。シフト部 30 は、水と一酸化炭素とから水素と二酸化炭素とを生成するシフト反応を促進するシフト触媒を備えており、シフト反応を進行することによって、改質ガス中の一酸化炭素濃度を低減する。シフト触媒としては、例えば、銅系触媒（Cu/Zn 触媒など）や、白金を備える貴金属系触媒を用いることができる。

【0036】

シフト部 30 において一酸化炭素濃度が低減された改質ガスは、水素分離部 32 において水素が分離される。水素分離部 32 は、水素分離膜 31 によって隔てられた改質ガス部 32a と抽出部 32b とを備えている。水素分離膜 31 は、水素を選択的に透過させる性質を有しており、パラジウムや、パラジウム合金によって形成される。シフト部 30 で一酸化炭素濃度が低減されて水素分離部 32 に供給された改質ガスは、改質ガス部 32a に導入され、ここで、改質ガス中の水素は、水素分離膜 31 を抽出部 32b 側に透過する。抽出部 32b には、後述するように、燃料電池 36 から排出されるカソード排ガスが供給される。カソード排ガスのように水素を含有しないガスを抽出部 32b に供給することで、改質ガス部 32a 側と抽出部 32b 側との水素濃度差を常に大きく保つことができ、これによって、効率よく水素の抽出を行なうことができる。

【0037】

なお、通常はカソード排ガス中には酸素が残留している。そのため、このようなカソード排ガスを抽出部 32b に供給すると、カソード排ガス中の酸素は、水素分離膜 31 を透過した水素と反応する。すなわち、水素分離部 32 を構成するパラジウム等が触媒として働いて、水素分離部 32 上で燃焼反応が起こる。このように、水素の抽出にカソード排ガスを用いることで、若干量の水素が消費されるが、上記燃焼反応による水素の消費量（燃焼損失水素量）は、通常は 1% 程度

という小さな値である。水素抽出の目的で抽出部 32b に供給するために、他の不活性ガスを備える構成としても良いが、上記のようにカソード排ガスを用いることで、燃焼損失水素量を許容できる範囲に抑えつつ、システムの複雑化を抑えることができる。

【0038】

改質ガスから水素分離部 32 によって抽出された水素は、上記カソード排ガス中に混合されて、実質的に一酸化炭素を含有しない燃料ガスとなり、燃料電池 36 のアノード側に導かれ、電気化学反応に供される。ここで、水素分離部 32 と燃料電池 36 とを接続する流路には熱交換器 34 が設けられており、熱交換器 34 は、燃料電池 36 に供給するのに先立って、燃料電池 36 の運転温度に近づくように燃料ガスを降温させる。

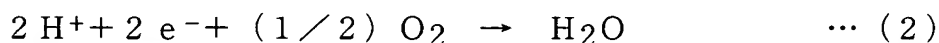
【0039】

一方、燃料電池 36 のカソード側における電池反応に関わる酸化ガスとしては、空気が用いられる。酸化ガスとして用いられる空気は、フィルタ 67 を介して外部から酸化ガス供給路 70 内に取り込まれ、酸化ガス供給路 70 に設けられたブロワ 64 によって燃料電池 36 に供給される。燃料電池 36 に供給する酸化ガス量は、上記ブロワ 64 によって調節される。

【0040】

燃料電池 36 は、固体高分子電解質型の燃料電池であり、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。各々の単セルのアノード側に水素を含有する燃料ガスを供給し、カソード側に酸素を含有する酸化ガスを供給することで、電気化学反応が進行し、起電力を生じる。以下に、燃料電池 36 で進行する電気化学反応を表わす式を示す。

【0041】



【0042】

(1) 式はアノード側における反応を示し、(2) 式はカソード側における反

応を示し、(3)式は燃料電池全体で行なわれる反応を示す。燃料電池36で生じた電力は、燃料電池システム10を搭載する車両の駆動モータ60に供給される。

【0043】

電池反応に用いられた残りのカソード排ガスは、カソード排ガス路72を介して加湿モジュール38に供給され、既述した気化部22に供給する空気を加湿するために用いられる。すなわち、燃料電池36で電気化学反応が進行する際には、上記(2)式に示したようにカソード側では水が生じ、カソード排ガスは多くの水蒸気を含有するため、この水を用いて、気化部22に供給する空気の加湿を行なう。

【0044】

加湿モジュール38は、水蒸気透過膜39によって隔てられた加湿部38aとカソード排ガス部38bとを備えている。水蒸気透過膜39は、水蒸気透過性を有する膜であり、例えば中空子膜とすることができる。カソード排ガス路72に導かれたカソード排ガスは、上記カソード排ガス部38bに導入される。また、加湿部38aへは、既述した酸化ガス供給路70から分岐して設けられた空気流路71内に取り込まれた空気が、空気流路71に設けられたブロワ62によって導入される。カソード排ガスは、空気に比べて多くの水蒸気を含有するため、この水蒸気分圧差に応じて、カソード排ガス側から空気側へと、水蒸気透過膜39を水蒸気が透過する。

【0045】

加湿モジュール38で水蒸気を加えられた加湿空気は、既述した熱交換器28を経由して、ここで改質ガスと熱交換を行なうことで昇温し、気化部22に供給されて、予混合燃料に混合される。そのため、加湿モジュール38で空気に加えられた水蒸気は、予混合燃料中に含まれる水と共に、既述した水蒸気改質反応およびシフト反応で用いられる。加湿モジュール38における加湿量は、燃料電池36から排出されるカソード排ガス中の水蒸気量や、加湿モジュール38における温度や、水蒸気透過膜39を間に挟んで流れる各ガスの圧力等によって定まる。本実施例の燃料電池システム10では、改質器26におけるS/Cの値が

およそ 1.0 となるように、燃料電池 36 が定常運転を行なう時の加湿モジュール 38 における加湿量が設定されている。加湿空気によって予混合燃料に加えられる水蒸気の量を多くして、改質器 26 における改質反応効率のさらなる向上を図ることとしても良い。改質燃料としてガソリンを用い、水蒸気改質反応と部分酸化反応とを併用する場合には、改質器における S/C の値が 2.0 程度のときに、改質反応の効率が最も高くなるといわれている。なお、加湿空気として気化部 22 に供給される空気量は、ガソリン中の炭素原子の数に対する酸素分子の数の比（以下、O/C という）の値が略 0.8 となるように、ブロワ 62 の駆動量によって調節している。

【0046】

加湿モジュール 38 において空気を加湿するために用いた後のカソード排ガスの一部は、カソード排ガス路 73 を介して水素分離部 32 の抽出部 32b に導かれ、既述したように、改質ガスから水素を抽出するために用いられる。カソード排ガス路 73 には、水素分離部 32 の抽出部 32b に供給するカソード排ガス量を調節するための流量調節弁 47 が設けられている。本実施例では、水素分離部 32 の抽出部 32b に導くカソード排ガス量が、カソード排ガス総量の約 10% となるように制御している。

【0047】

水素分離部 32 において改質ガスから水素を抽出した残りのガス（抽出排ガス）は、改質ガス部 32a から抽出排ガス路 75 を介して浄化部 40 に供給される。この抽出排ガスは、水素分離部 32 で抽出されなかった残りの水素や、改質器 26 において水素生成に至らなかった残余の炭化水素や、一酸化炭素等を含有しており、浄化部 40 は、上記各成分を酸化させるための装置である。なお、水素分離部 32 の改質ガス部 32a には、内部の圧力を検出するための圧力センサ 33 が設けられており、抽出排ガス路 75 には、調圧弁 48 が設けられている。

【0048】

浄化部 40 は、吸着剤 41 と、第 2 加熱部 42（EHC2）と、酸化触媒 43 と、酸化触媒 43 の温度を検出するための温度センサ 45 とを備えている。吸着剤 41 は、燃料電池システム 10 の起動時のように酸化触媒 43 の温度が低いと

きに抽出ガス中の上記各成分を吸着し、温度が上昇したときにこれら各成分を脱離する性質を有している。吸着剤 41 としては、例えばゼオライト系の吸着剤を用いることができる。浄化部 40 の内部温度が十分に高いときには、吸着剤 41 から脱離したものを含む上記各成分は、酸化触媒 43 によって酸化される。第 2 加熱部 42 はヒータであり、酸化触媒 43 および吸着剤 41 を加熱するために用いられる。

【0049】

また、浄化部 40 には、既述したカソード排ガス路 73 から分岐するカソード排ガス分岐路 74 が接続する。このように、浄化部 40 にはカソード排ガスが供給可能であって、上記酸化触媒 43 では、カソード排ガス中に残留する酸素を用いて、上記した酸化反応が行なわれる。カソード排ガス分岐路 74 には、浄化部 40 に供給するカソード排ガス量を調節するための流量調節弁 46 が設けられている。酸化触媒 43 における酸化反応で生じた酸化排ガスは、酸化排ガス路 76 を介して外部に廃棄される。なお、浄化部 40 における酸化反応で要する酸素を供給するために、上記のようにカソード排ガスを用いる代わりに、外部から取り込んだ空気を用いることとしても良い。

【0050】

燃料電池システム 10 には、冷却水流路 78 がさらに設けられている。冷却水流路 78 は、熱交換器 34 と、駆動モータ 60 と、ブロワ 62, 64 が備える各モータとを經由して設けられており、内部を流れる冷却水によってこれらを冷却する。さらに、冷却水流路 78 は、ラジエータ 68 を經由するように設けられており、ここで冷却水が冷却される。冷却水流路 78 にはポンプ 66 が設けられており、このポンプ 66 を駆動することで、上記各部と熱交換しながら、冷却水流路 78 内を冷却水が流れる。

【0051】

さらに、燃料電池システム 10 は、図示しない制御部を備えている。この制御部は、マイクロコンピュータを中心とした論理回路として構成され、CPU や ROM や RAM、あるいは、各種信号を入出力する入出力ポートを備える。そして、燃料電池システム 10 を搭載する車両の運転状態や負荷要求に関する情報を取

得して、燃料電池システム 10 を構成する各部に駆動信号を出力し、燃料電池システム 10 全体の運転状態を制御する。

【0052】

また、燃料電池システム 10 を搭載する車両は、燃料電池 36 とは異なる電源として、2 次電池をさらに備えている（図示せず）。この 2 次電池は、車両および燃料電池システム 10 の起動時であって、燃料電池システム 10 の暖機が終了するまでの間、駆動モータ 60 に電力を供給する駆動用電源として働く。本実施例の車両では、車両のブレーキが踏まれたときには、駆動モータ 60 が発電機として働く回生運転が行なわれ、このような回生運転によって駆動モータ 60 で生じる電力によって 2 次電池が充電される。また、燃料電池 36 により上記 2 次電池を充電可能としても良い。あるいは、暖機終了後の定常運転時に駆動モータ 60 における負荷要求が大きくなるときには、燃料電池 36 に加えて 2 次電池が駆動モータ 60 に電力を供給することとしても良い。

【0053】

B. 燃料電池システム 10 における動作：

図 2 は、燃料電池システム 10 が起動されたときに、既述した制御部で実行される起動時処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンが実行されると、まず、第 1 加熱部 24 および第 2 加熱部 42 による加熱を開始する（ステップ S100, S110）。これにより、気化部 22 と改質器 26、および酸化触媒 43 が昇温を始める。

【0054】

次に、改質器 26 に設けた温度センサ 54 の検出信号を取得して、改質器 26 の内部温度 T_{rfm} と、予め定めた第 1 の基準温度 T_{ref1} とを比較する（ステップ S120）。ここで、第 1 の基準温度 T_{ref1} とは、改質触媒の温度が、予混合燃料を用いて酸化反応（燃焼反応）を行なうことができる程度に昇温したかどうかを判断するために設定した温度であり、本実施例では 350°C に設定している。なお、改質器 26 が上記第 1 の基準温度 T_{ref1} に達したときには、気化部 22 の内部温度は、ここに噴霧された予混合燃料が速やかに気化可能となる温度に、昇温している状態となる。

【0055】

第1加熱部24によって改質器26が加熱されてステップS120において T_{rfm} が第1の基準温度 T_{ref1} を上回ったと判断されると、ブロワ62を駆動して気化部22に対して空気の供給を開始すると共に（ステップS130）、ポンプ50、調圧弁51、ノズル52を駆動して気化部22に対して予混合燃料の供給を開始する（ステップS140）。空気および予混合燃料が供給されることで、改質器26では酸化反応が開始される。ここで、供給される予混合燃料量は、暖機開始時の供給量として予め定められている。また、供給される空気量は、予混合燃料の供給量に対する割合が、酸化触媒において酸化反応を開始するのに適した割合（着火に適した割合）となるように設定されている。このような起動時には、予混合燃料中のガソリンの酸化反応が活発に行なわれ、改質触媒は、第1加熱部24からの熱に加えて、酸化反応で生じる熱によっても加熱されるようになる。また、改質器26で酸化反応が開始されて、熱交換器28に高温のガスが供給されることで、気化部22に供給される空気が加熱され、この空気によって気化部22にさらに熱が供給されるようになる。なお、このような暖機開始時には、燃料電池36において発電は開始されておらず、加湿モジュール38に対してカソード排ガスが供給されていないため、気化部22に供給される空気の加湿は行なわれない。

【0056】

次に、改質器26に設けた温度センサ54の検出信号を再び取得して、改質器26の内部温度 T_{rfm} と、予め定めた第2の基準温度 T_{ref2} とを比較する（ステップS150）。ここで、第2の基準温度 T_{ref2} とは、改質触媒の温度が、改質反応を行なうことができる程度に昇温したかどうかを判断するために設定した温度であり、本実施例では500℃に設定している。

【0057】

ステップS150において T_{rfm} が第2の基準温度 T_{ref2} を上回ったと判断されると、第1加熱部24による加熱を停止する（ステップS160）。改質器26の内部温度 T_{rfm} が第2の基準温度 t_{ref2} に達して、改質触媒温度が十分に上昇した状態になると、第1加熱部24による加熱を行なわなくても、改質器26

で進行する酸化反応によって、改質触媒の温度を十分に維持可能となる。また、この改質触媒から気化部 22 に伝わる熱と、熱交換器 28 を経由して気化部 22 に供給される空気とによって、気化部 22 に噴霧された予混合燃料は、十分に気化可能となる。

【0058】

また、ブロワ 64 を駆動して燃料電池 36 に酸化ガスの供給を開始すると共に（ステップ S170）、負荷要求に応じた制御を開始する（ステップ S180）。酸化ガスの供給を開始すると、加湿モジュール 38 を経由して、水素分離部 32 の抽出部 32b に対してカソード排ガスが供給されるようになる。水素分離部 32 の抽出部 32b にカソード排ガスが供給されることで、燃料電池 36 のアノード側に対する燃料ガス供給が、より積極的に行なわれるようになる。そして、燃料ガスと共に酸化ガスが供給されることで、燃料電池 36 において電気化学反応が進行するようになる。燃料電池 36 で電気化学反応が進行することで、カソード排ガス中に含まれる水蒸気量が増加し、加湿モジュール 38 において、気化部 22 に供給される空気の加湿が行なわれるようになる。なお、既述したように、水素分離部 32 の抽出部 32b では、水素分離膜 31 を構成する貴金属を触媒として、カソード排ガス中の酸素を用いて、抽出された水素の燃焼反応が起こる。燃料電池 36 に酸化ガスの供給を開始した直後は、燃料電池 36 で進行する電気化学反応の量が少なく、カソード排ガス中に残留する酸素量が特に多い状態となるため、水素分離膜 31 上では、水素の燃焼反応がより活発に起こる。これにより、水素分離膜 31 の温度が上昇して水素分離部 32 の暖機が促進されて、水素分離部 32 における水素の抽出効率が速やかに向上する。

【0059】

ステップ S180 において負荷要求に応じた制御が開始されると、燃料電池 36 の暖機状態に応じて、負荷要求に応じた電力をできるだけ燃料電池 36 によって発電するように制御が行なわれる。車両が起動された後に燃料電池 36 の暖機が終了するまでの間は、燃料電池 36 から所望の電力を得ることができないおそれがあり、既述したように 2 次電池によって駆動モータ 60 等の負荷に対して電力が供給されている。そのため、ステップ S170 で酸化ガスの供給が開始され

て燃料電池 36 で発電が行なわれるようになると、所望の電力をできるだけ燃料電池 36 から供給できるように、負荷要求に応じて、燃料電池 36 に供給される燃料ガス量および酸化ガス量が制御されるようになる。具体的には、負荷要求および暖機状態に応じた水素が生成可能となるように、気化部 22 に供給する予混合燃料量が、バルブ 52 によって調節される。また、気化部 22 に供給される空気が予混合燃料量に応じた量となるように、ブロワ 62 の駆動量が調節されることで、改質反応で要する熱が部分酸化反応によって発生する。

【0060】

次に、温度センサ 45 の検出信号を取得して、酸化触媒 43 の温度 T_{brn} と、予め定めた第 3 の基準温度 T_{ref3} とを比較する（ステップ S190）。ここで、第 3 の基準温度 T_{ref3} とは、酸化触媒 43 の温度が、酸化反応を行なうことができる程度に昇温したかどうかを判断するために設定した温度であり、本実施例では 350℃ に設定している。

【0061】

ステップ S190 において T_{brn} が第 3 の基準温度 T_{ref3} を上回ったと判断されると、第 2 加熱部 42 による加熱を停止すると共に、流量調節弁 46 を開状態として、浄化部 40 へのカソード排ガスの供給を開始する（ステップ S200）。酸化触媒 43 が十分に昇温した状態で、酸素を含有するカソード排ガスの供給を開始することで、酸化触媒 43 では、抽出排ガス中の各成分の酸化が行なわれるようになる。なお、酸化触媒 43 を含む浄化部 40 の内部温度が低い間は、浄化部 40 に供給される抽出排ガス中の各成分は、既述したように吸着剤 41 に吸着されている。ステップ S190 において T_{brn} が T_{ref3} を上回ったと判断される程度に浄化部 40 の内部温度が上昇すると、吸着剤 41 から上記各成分が脱離して、酸化触媒 43 上で酸化される。

【0062】

その後、圧力センサ 33 の検出信号を取得して、水素分離部 32 の改質ガス部 32a 内の圧力 P_{rfg} と、予め定めた所定の基準圧力 P_{ref} とを比較して、圧力 P_{rfg} と基準圧力 P_{ref} とが等しくなるように調圧弁 48 を制御して（ステップ S210）、本ルーチンを終了する。ここで、所定の基準圧力 P_{ref} とは、改質

ガス部 32a の内部圧力と、抽出部 32b の内部圧力との差が十分に大きくなって、水素分離部 32 における水素抽出効率が十分に高くなる値として定めたものであり、本実施例では 300 kPa に設定している。本ルーチンを実行することで、燃料電池システム 10 の暖機運転は終了する。

【0063】

C. 効果:

以上のように構成された本実施例の燃料電池システム 10 によれば、改質燃料であるガソリンを、所定の割合で水と混合した予混合燃料として保持するため、所定の混合比でガソリンと水とを容易に気化させることが可能となり、所定の混合比でガソリンと水とを気化させるための構造を簡素化することができる。また、改質器 26 に供給するガソリンと水の比を、安定化することができる。すなわち、ガソリンと水とが所定の割合で十分に混合された状態で気化されるため、気化の際にガソリンと水との混合割合が所望の割合と異なるのを防止することができる。特に、本実施例では、界面活性剤（乳化剤）を用いてガソリンと水とをエマルジョン化しているため、ガソリンのような疎水性液体炭化水素を改質燃料とする場合であっても、改質燃料と水との混合状態をより安定化させて保持することが可能であり、混合比を安定化する効果を顕著に得ることができる。

【0064】

また、本実施例では、界面活性剤を用いてエマルジョン化した予混合燃料を、高温の気化部 22 に噴霧するため、所定の混合比の予混合燃料を瞬時に気化させることができる。そのため、気化の動作によって S/C の値が望ましくない値になってしまうことがない。このように、改質器 26 に供給するガソリンと水との混合比（改質器 26 における S/C 比）を安定化する効果を、より高めることができる。

【0065】

さらに、改質器 26 に対してさらに空気を加える際には、気化部 22 において予混合燃料と空気を混合する際に気体同士を混合することとなるため、容易に所望の混合比とすることができる。また、気化部 22 および改質器 26 を加熱する第 1 加熱部 24 を備えるため、燃料電池システム 10 の起動時には、昇温した気

化部 22 に予混合燃料を噴霧して改質器 26 に供給することで、速やかに酸化反応および改質反応を開始することができる。そのため、所定の熱源を用いて液体の改質燃料や水を気化させる場合に比べて、起動時における反応開始までの時間を大きく削減することができる。

【0066】

本実施例は、予混合燃料における混合割合を $S/C = 0.5$ としたので、水蒸気を追加することなく改質器 26 に予混合燃料が供給された場合にも、改質器 26 内で煤が生じてしまうことを実質的に防止することができる。そのため、煤が改質触媒に付着することに起因して、改質反応の活性が低下したり改質触媒が劣化するおそれがなく、燃料改質装置 12 の耐久性を向上させることができる。また、予混合燃料における S/C の値を、上記のように改質反応に支障を来たさない範囲とすると共に、その範囲内でより低く抑えることで、起動時に改質器 26 内で進行する酸化反応の効率を向上させて、暖機時の効率を向上させることができる。

【0067】

さらに、本実施例では、改質器 26 に対して、予混合燃料とは独立して水を供給することが可能となっている。そのため、予混合燃料にさらに水を加えることで、改質反応を行なうときの S/C の値を最適値により近づけて、改質効率を向上させることができる。このとき、予混合燃料にさらに水を加えるために、加湿モジュール 38 を用いている。そのため、水を水蒸気の状態で供給することができ、予混合燃料にさらに加える水を気化させるための特別な構成を設ける必要がない。また、水を気化させるためにさらに熱エネルギーを消費する必要がない。

【0068】

また、上記のように、さらに水を追加しなくても支障なく改質反応が進行するように S/C を設定した予混合燃料を保持し、適宜水蒸気を補いつつ改質反応を進行することで、負荷変動時にも常に改質反応を良好な状態に保つことが可能となる。例えば、負荷要求が急激に大きくなって、これに見合った水蒸気の量を直ちに追加することができなくても、予混合燃料として所定量の水を確保しているため、水不足によって改質反応で不都合が生じてしまうことがない。

【0069】

特に本実施例では、予混合燃料にさらに加える水として、燃料電池36における電気化学反応で生じた生成水を利用している。そのため、予混合燃料にさらに加える水を用意するために、水タンクを別途備える必要がない。このことは、本実施例の車両のように、燃料等を搭載するためのスペースに制約がある移動体に、燃料電池システムを搭載する場合には、特に有利である。水タンクを不要とすることで、予混合燃料タンクをより大きくして、車両などの移動体における航続距離をより伸ばすことが可能となる。なお、予混合燃料にさらに加える水の量が、電気化学反応に伴って生じる生成水だけでは不足する場合には、水を予め貯蔵しておくための水タンクを備えることとしても良い。この場合にも、生成水を利用することにより、水タンクの大きさを削減する効果が得られる。

【0070】

さらに、本実施例では、水タンクを持たないために、低温時に、水タンク内の水が凍結してしまうおそれがない。改質反応に供する水を水タンク内に保持する場合には、タンク内の水が凍結してしまうと、この水が溶けるのを待たないと水蒸気改質反応を行なうことができないが、本実施例では、水に比べて凝固点のはるかに低い予混合燃料を用いて、直ちに改質反応を開始することができる。なお、既述したように、電気化学反応における生成水を利用する他に、さらに水タンクを備えることとしても良いが、水タンク内の水が凍結したとしても、予混合燃料を備えることにより改質反応を直ちに開始することができる。

【0071】

D. 第2実施例：

図3は、本発明の第2実施例の燃料電池システム110の概略構成を示す説明図である。第2実施例の燃料電池システム110は、第1実施例の燃料電池システム10と類似する構成を有するため、共通する構成部材には同じ参照番号を付して詳しい説明を省略する。第2実施例の燃料電池システム110は、第1実施例の燃料電池システム10と同様の制御が行なわれるものであり、以下、第2実施例の燃料電池システム110の構成のうち、第1実施例とは異なる部分についてのみ説明する。

【0072】

燃料電池システム110では、予混合燃料タンク20に貯蔵された予混合燃料は、熱交換器134を経由した後に、ノズル52から気化部22内に噴霧される。熱交換器134は、第1実施例の熱交換器34と同様に、水素分離部32から排出されて燃料電池36に供給される燃料ガスが通過するように形成されており、熱交換器134では、予混合燃料と燃料ガスとの間で熱交換が行なわれる。そのため、熱交換器134を経由することで、予混合燃料はノズル52から噴霧されるのに先立って昇温すると共に、燃料ガスは燃料電池36に供給されるのに先立って降温する。

【0073】

以上のように構成された第2実施例の燃料電池システム110によれば、予混合燃料を熱交換器134で昇温させることで、予混合燃料は、より気化し易くなり、予混合燃料を気化させるための構造をさらに簡素化することができる。また、予混合燃料がより気化し易くなることにより、改質器26に供給するガソリンと水の比を、より安定化することができる。

【0074】

また、気化部22に噴霧される予混合燃料を、より高い温度とすることで、気化部22を加熱するために改質器22で進行させる酸化反応量を削減することが可能となる。すなわち、気化部22に導入する空気量を削減し、改質器26におけるO/Cの値をより低くすることが可能となる。これにより、改質器26における水素生成の効率を向上させることができる。

【0075】

さらに、本実施例では、水素分離部32から排出された燃料ガスとの熱交換によって予混合燃料を加熱しているため、予混合燃料を加熱するために別途燃焼器などの加熱装置を設ける場合に比べて、装置全体の小型化が可能となる。特に、本実施例では、燃料電池36として、水素分離部32よりも動作温度が低い固体高分子型燃料電池を用いている。したがって、水素分離部32から排出された燃料ガスを用いて予混合燃料を加熱することで、予混合燃料を加熱する動作と同時に、燃料電池36に供給する燃料ガスを燃料電池36に応じた温度に降温させる

動作を、行なうことが可能となる。このように、予混合燃料を加熱するために、燃料電池システム 110 内で生じるガスであって降温させる必要があるガスを利用するならば、予混合燃料を加熱することでシステム効率が低下してしまうことがない。

【0076】

本実施例では、水素分離部 32 から排出された燃料ガスを用いて予混合燃料を昇温させているが、異なる構成とすることもできる。例えば、水素分離膜 31 による水素抽出が、シフト部 30 の動作温度よりも十分に低い温度で可能ならば、水素分離膜 31 による水素抽出に先立って、シフト部 30 から排出された改質ガスと予混合燃料とを熱交換させることとしても良い。また、水素抽出を行なった残余の抽出排ガスと予混合燃料とを熱交換させることとしても良い。

【0077】

このような水素分離部 32 に供給された水素を含有するガス以外の水素含有ガスを、予混合燃料を昇温させるための熱源としても良い。例えば、熱交換器 28 において、加湿空気の流路に代えて、あるいは加湿空気の流路とは別に、予混合燃料の流路を設けることとしても良い。これによって、改質器 26 から排出された改質ガスの有する熱を用いて予混合燃料を昇温させることができる。このように、改質反応で生成された水素を含有するガスの熱を利用して予混合燃料を昇温させることで、燃料電池システム 110 の効率低下を抑えることができる。

【0078】

E. 変形例：

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0079】

E1. 変形例 1：

上記第 1 および第 2 実施例の燃料改質装置 12 を備える燃料電池システムの構成を、実施例とは異なる構成としても良い。例えば、シフト部 30 を設けることなく、改質器 26 で生成した改質ガスを、そのまま水素分離部 32 に供給するこ

ととしても良い。あるいは、シフト部30と水素分離部32との間に、一酸化炭素を選択的に酸化するCO選択酸化触媒を備えたCO選択酸化部を設け、一酸化炭素濃度をさらに低減させた改質ガスを、水素分離部32に供給することとしても良い。また、第1実施例では、水素分離部32を設けずに、シフト部やCO低減部で一酸化炭素濃度を低減した改質ガスを、そのまま燃料電池36に供給することとしても良い。

【0080】

また、上記第1および第2実施例では、シフト反応で要する水蒸気は、改質反応で要する水蒸気と共に気化部22を介して供給することにより、シフト反応に供する水蒸気を供給するための構成を簡素化しているが、異なる構成としても良い。すなわち、シフト反応に供する水蒸気を、改質器よりも下流側で別途添加することとしても良い。

【0081】

E2. 変形例2:

第1および第2実施例では、予混合燃料タンク20に貯蔵する予混合燃料におけるガソリンと水との混合割合を $S/C=0.5$ としたが、異なる混合割合としても良い。しかしながら、起動時に予混合燃料を酸化させることによって暖機を行なう場合には、予混合燃料中の水の混合量を増やすほど、暖機の効率が低下する。また、予混合燃料中の水の混合量を増やすほど、搭載可能な改質燃料が減少するため、車両の航続距離が減少してしまう。そのため、これらを考慮して、予混合燃料においては、 $S/C=1.0$ 以下とすることが望ましい。

【0082】

E3. 変形例3:

上記第1および第2実施例では、改質器26において、水蒸気改質反応と共に部分酸化反応を行なうこととしたが、水蒸気改質反応のみを行なうこととしても良い。この場合には、水蒸気改質反応に要する熱を供給するための熱源を別途設けることとすればよい。例えば、アノード排ガス中に残留する水素を燃焼させて、この燃焼反応で生じる熱を用いることが可能である。このように水蒸気改質反応のみを行なう場合には、カソード排ガス等の酸素含有ガスを改質器に供給す

る必要はない。そのため、このような場合には、所望量の水を、予混合燃料と同様にノズルを用いて気化部 22 に噴霧して、瞬時に気化させると共に、予混合燃料とさらに混合することとすればよい。

【0083】

E 4. 変形例 4 :

第 1 および第 2 実施例では、予混合燃料に混合された改質燃料としてガソリンを用いたが、異なる改質燃料を用いることとしても良い。所定の範囲の比で改質燃料と水とを混合した予混合燃料を貯蔵して保持することで、同様の効果を得ることができる。特に、ガソリンと同様に疎水性の液体炭化水素を改質燃料として用いる場合には、改質燃料と水との混合比を安定化する効果を、顕著に得ることができる。用いる改質燃料に応じて、支障なく改質反応を進行するために必要な最少量や、起動時の効率などを考慮して、適宜、予混合燃料における S/C の値を設定すればよい。

【0084】

E 5. 変形例 5 :

第 1 および第 2 実施例では、改質器 26 に対して、予混合燃料の他に水蒸気を別途供給可能としたが、水を含わない改質燃料を、予混合燃料とは独立して供給可能としても良い。このような構成とすれば、起動時や温度低下時に、改質器に供給する改質燃料の割合を増やして、より速く触媒を昇温させることができる。

【0085】

このように、改質燃料と水とのうちの一方を含み、他方を含まない独立原料を、予混合燃料とは独立して改質器に供給する独立原料供給部を設けることで、予混合燃料タンクに貯蔵される予混合燃料とは異なる比で、改質燃料と水とを改質器に供給することが可能となる。特に、水（水蒸気）を独立して供給可能な場合には、改質触媒の温度が望ましくない程度に上昇する場合に、水の供給量を増やして触媒温度を下げる事が可能となる。また、改質燃料を独立して供給可能な場合には、改質燃料の酸化反応をより多く行なわせて触媒温度を上昇させることが可能となる。このように、供給する上記独立原料量を制御することで、触媒温

度の制御が可能となる。

【0086】

E 6. 変形例 6：

第 1 および第 2 実施例では、カソード排ガス中の水蒸気を用いて、改質器 26 に供給する空気（部分酸化反应用エア）の加湿を行なったが、同様の加湿モジュールにおいて、他の水蒸気を用いて加湿を行なうこととしても良い。例えば、アノード排ガス中の水蒸気を用いることができる。

【0087】

あるいは、アノード排ガス中に残留する水素を燃焼させる燃焼部をさらに設け、この燃焼部における燃焼反応に伴って生じる水蒸気を用いても良い。また、水素分離部 32 から排出される抽出排ガス中に残留する未反応改質燃料や CO を、酸化触媒 43 で燃焼させることで生じる水蒸気を、用いることもできる。さらに、これらの各部から排出される水蒸気を、2 つ以上組み合わせて、加湿を行なうこととしても良い。このような場合には、含有する水蒸気量がより少ないガスを用いる加湿モジュールから順番に空気の流路に接続することとすれば、加湿の効率を確保することができる。また、燃料電池システムを備える装置が有する他の部位において生じる水蒸気を用いることとしても良い。

【0088】

いずれの場合にも、改質反応に供する水を、加湿モジュールを用いて供給することにより、加熱により水を気化させる装置が不要となり、システムの構成を簡素化できる。また、水を気化させるために特別にエネルギーを消費することがないため、装置全体のエネルギー効率を向上させることができる。また、上記のように燃焼反応で生じる水蒸気を用いることにより、燃焼ガスが有する顕熱を利用可能となる。すなわち、加湿モジュール 38 で空気を加湿する際に、燃焼ガスと空気の間で熱交換が行なわれるため、加湿空気をより高温にすることができる。そのため、負荷要求が急激に増大し、改質反応量が急激に大きくなっても、燃焼ガスの熱を用いて改質触媒の温度を維持することが可能となる。

【0089】

E 7. 変形例 7：

第1および第2実施例では、改質燃料と水とが混合された予混合燃料の混合状態を安定して保つために、乳化剤を用いたが、乳化剤とは異なる混合状態安定化手段を用いて、予混合燃料タンク内で、改質燃料と水とが実質的に均一に混合された状態を維持することとしても良い。例えば、予混合燃料タンク内に、改質燃料と水とを物理的に混合するための攪拌部を設けることとしても良い。このように予混合燃料を混合し続けることによっても、均一に混合された予混合燃料をタンク中に保持することが可能となる。あるいは、予混合燃料タンクに超音波発振器を設け、超音波エネルギーを用いて混合状態を安定化させることとしても良い。実質的に均一な状態で予混合燃料を保持可能であればよい。このように、予混合燃料タンク内に所定の混合状態安定化手段を設ける場合には、タンクや蒸発器とは独立して別途攪拌装置などを設ける場合に比べて、装置全体をコンパクトにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の好適な一実施例である燃料電池システム10の概要を表わす説明図である。

【図2】 起動時処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【図3】 第2実施例の燃料電池システム110の概略構成を示す説明図である。

【符号の説明】

10, 110…燃料電池システム

12…燃料改質装置

20…予混合燃料タンク

22…気化部

24…第1加熱部

26…改質器

28…熱交換器

30…シフト部

31…水素分離膜

32…水素分離部

3 2 a …改質ガス部
3 2 b …抽出部
3 3 …圧力センサ
3 4 , 1 3 4 …熱交換器
3 6 …燃料電池
3 8 …加湿モジュール
3 8 a …加湿部
3 8 b …カソード排ガス部
3 9 …水蒸気透過膜
4 0 …浄化部
4 1 …吸着剤
4 2 …第 2 加熱部
4 3 …酸化触媒
4 5 …温度センサ
4 6 , 4 7 …流量調節弁
4 8 …調圧弁
5 0 …ポンプ
5 1 …調圧弁
5 2 …ノズル
5 4 …温度センサ
6 0 …駆動モータ
6 2 , 6 4 …ブロワ
6 6 …ポンプ
6 7 …フィルタ
6 8 …ラジエータ
7 0 …酸化ガス供給路
7 1 …空気流路
7 2 …カソード排ガス路
7 3 …カソード排ガス路

7 4 …カソード排ガス分岐路

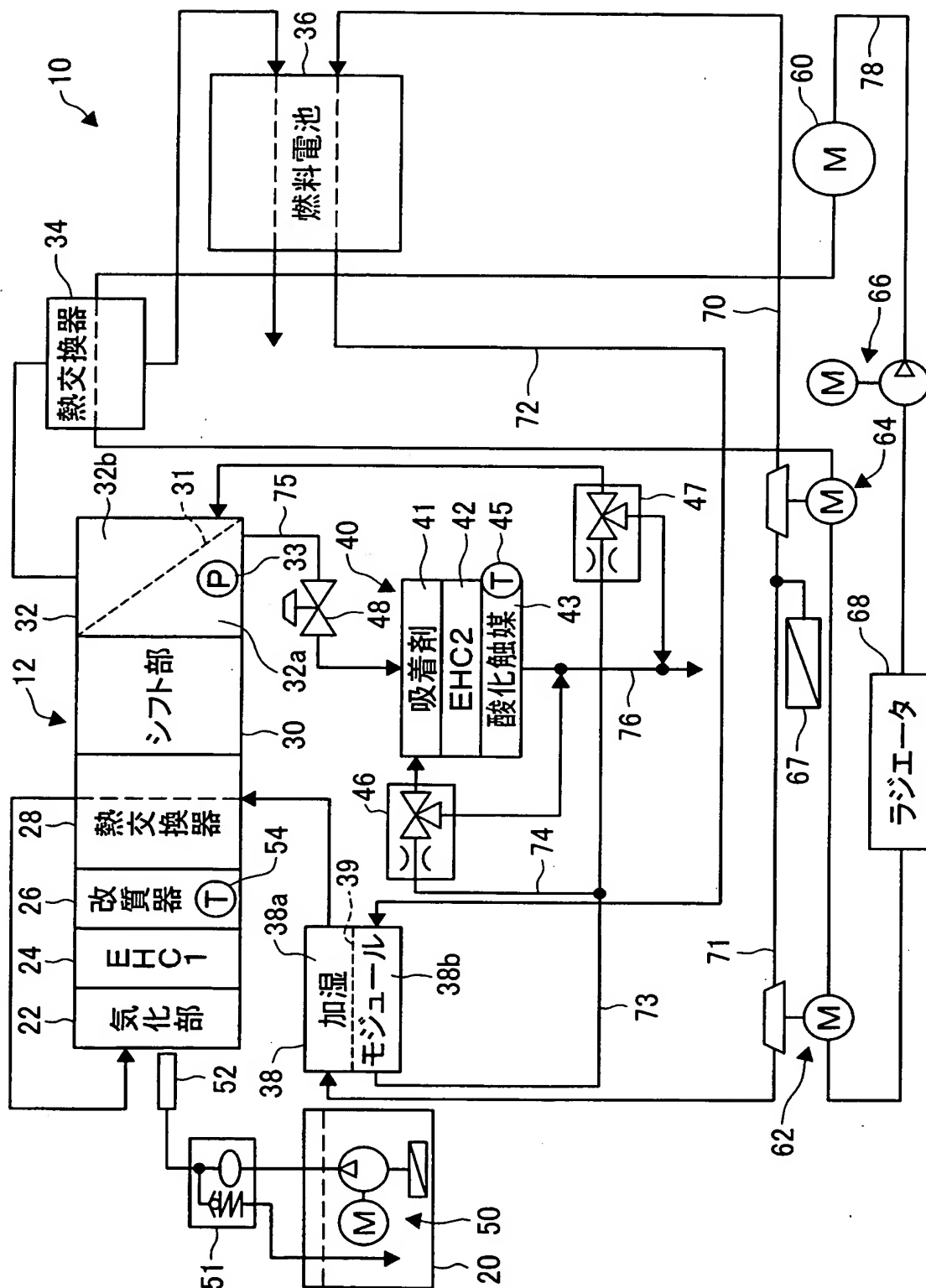
7 5 …抽出排ガス路

7 6 …酸化排ガス路

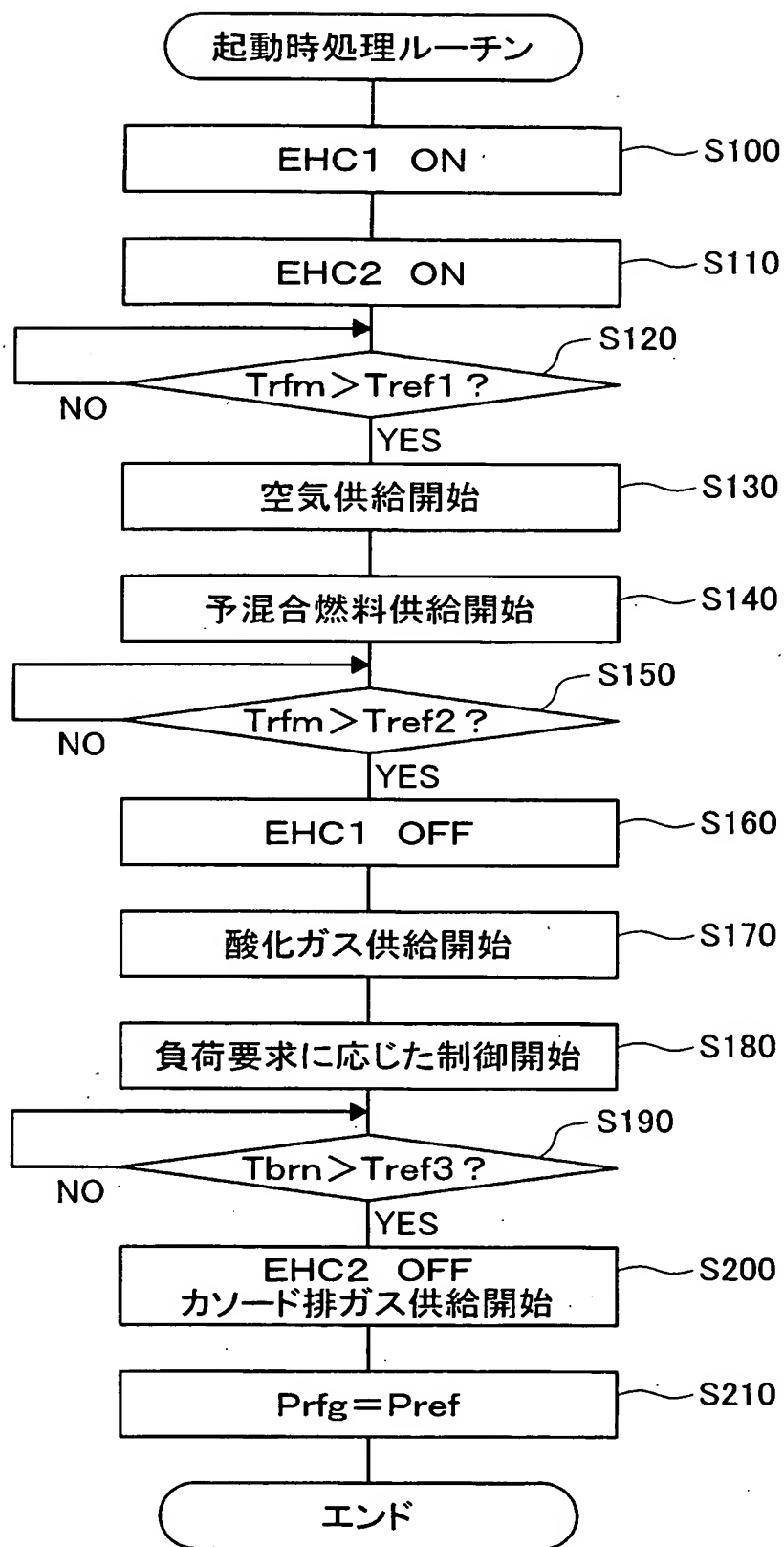
7 8 …冷却水流路

【書類名】 図面

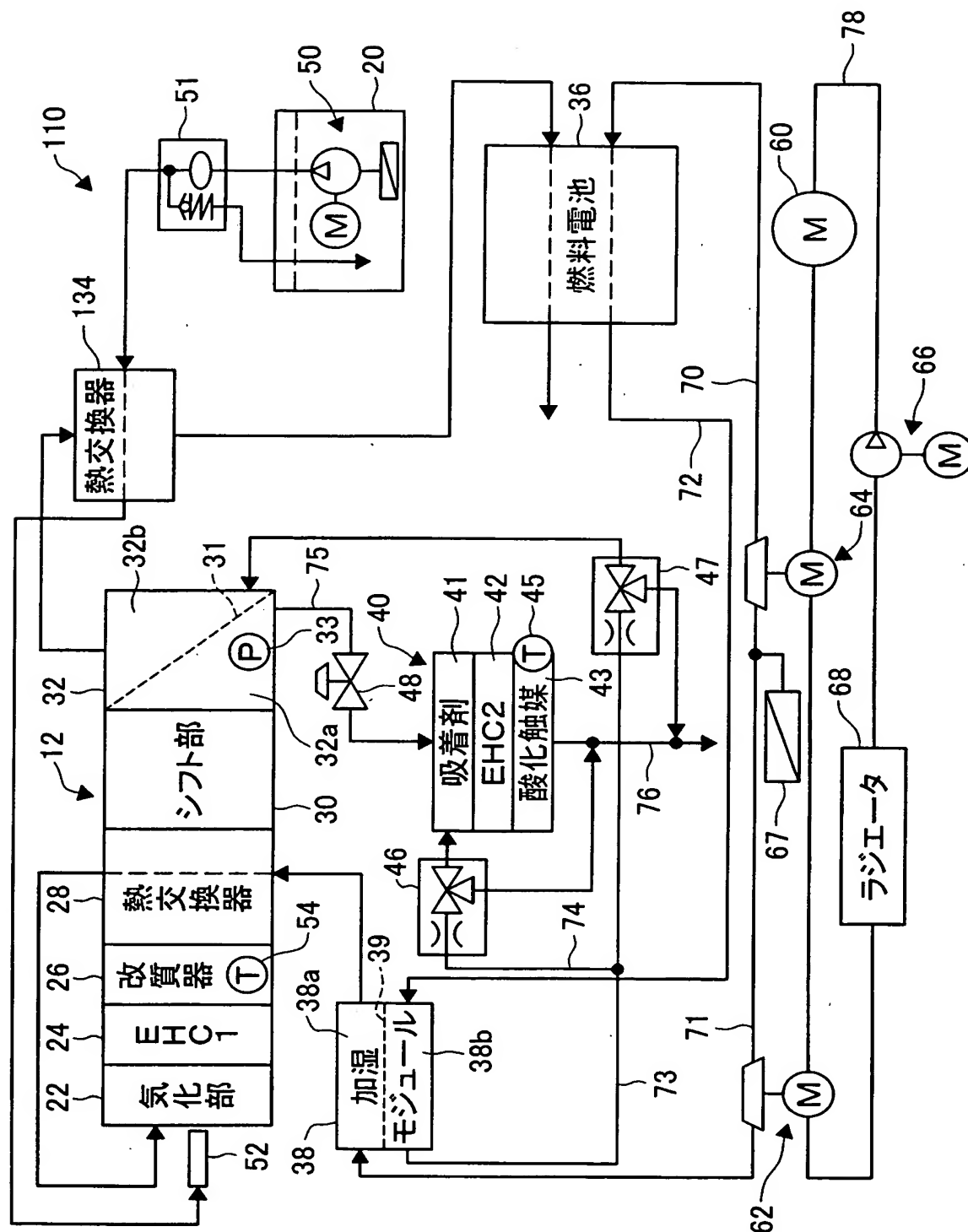
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より簡素な構造によって、改質反応に供する改質燃料と水との供給量の比を所定の値に安定化させる技術を提供する。

【解決手段】 燃料改質装置 12 は、予混合燃料タンク 20 を備える。予混合燃料タンク 20 には、所定の割合のガソリンと水とを、乳化剤を用いてエマルション化した予混合燃料が、貯蔵される。この予混合燃料は、ノズル 52 を介して気化部 22 内に噴霧される。気化部 22 には、酸化反応が進行する改質器 26 や、第 1 加熱部 24 や、熱交換器 28 を経由して気化部 22 に供給される空気によって、熱が供給可能となっている。気化部 22 内に噴霧された予混合燃料は、上記のように供給される熱によって直ちに気化し、改質器 26 に供給される。さらに、気化部 22 には、加湿モジュール 38 で加湿された加湿空気が供給可能となっている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 7 9 8 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社